



Research Article

Studi Eksperimental Performa *Sound Energy Harvesting Device* Menggunakan Variasi Rangkaian Piezoelektrik

Teguh Dewangga^{*,1}, Thoriq Ahmad Izzuddin², Fairuz Daffa Al-Hazza²

¹ Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

² MTs Negeri 1 Kota Malang, Indonesia

Corresponding author: teguhdewangga.um@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 19 July 2022

Revised : 4 Januari 2023

Accepted : 30 January 2023

Available online : 3 February 2023

Keywords: Harvesting Device, Piezoelectric, Sound Noise

ABSTRACT

High sound vibration is very noisy even though it harms human hearing and can be used as a source of micro-electrical energy. In addition, many places have the potential to produce noise, such as airports and industrial manufacturing plants. However, currently, there is no optimal utilization of sound noise. At the same time, sound noise can be converted into electrical energy using electromagnetic, piezoelectric or electrostatic mechanisms. One of the electrical energy harvesting media that is very easy to use today is piezoelectric material with an element of Lead-zirconate-titanate. However, the electricity generated is very small if only one piezoelectric is. Therefore, the objective of this study is to determine the effect of variations in piezoelectric circuits and variations in sound noise levels in producing electrical energy for sound energy harvesting devices. The method used in this research is an experimental method with a quantitative approach. There are two independent variables used, consisting of (1) variations in piezoelectric circuits (single, double series, double parallel, quad series, and quad parallel) and (2) variations in sound noise levels (80 dB, 90 dB, and 100 dB). The tests carried out are testing the electric voltage, the electric current, and the calculation of the electric power. Based on the test results, increasing the intensity of the sound will increase the value of voltage, electric current, and electric power. The best circuit in voltage testing is the A2B3 circuit which uses a double series circuit of 2.030 AC V. Meanwhile, the double parallel circuit (A3B3) is the best circuit that can produce electric current and electrical power of 0.261 AC mA and 0.278 AC mW respectively. Thus, the double parallel circuit is the most appropriate for sound energy harvesting devices.

Kata Kunci: *Harvesting Device*, Rangkaian Piezoelektrik, Suara Bising

ABSTRAK

Getaran suara yang sangat bising meskipun berbahaya bagi pendengaran manusia memiliki potensi untuk dijadikan sumber energi listrik mikro. Hal ini didukung dengan banyaknya tempat yang berpotensi menghasilkan suara bising seperti bandara dan pabrik industri manufaktur. Namun, saat ini belum ada pemanfaatan yang optimal terhadap suara bising tersebut. Padahal getaran pada suara bising bisa diubah menjadi energi listrik menggunakan mekanisme elektromagnetik, piezoelektrik atau elektrostatik. Salah satu media konversi energi getaran suara menjadi energi listrik yang sangat mudah digunakan saat ini adalah piezoelektrik, yang memiliki elemen *Timbal-zirkonat-titanat (PZT)*. Namun, jika hanya menggunakan satu piezoelektrik listrik yang dihasilkan sangat kecil. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi rangkaian piezoelektrik dan variasi tingkat kebisingan suara dalam menghasilkan energi listrik pada *sound energy harvesting device*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Terdapat dua variabel bebas yang digunakan yaitu (1) variasi rangkaian piezoelektrik (*single, double series, double parallel, quad series, dan quad parallel*), dan (2) variasi tingkat kebisingan suara (80 dB, 90 dB, dan 100 dB). Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tegangan listrik, kuat arus listrik, dan perhitungan daya listrik. Berdasarkan hasil pengujian, semakin tinggi intensitas kebisingan suara, semakin besar pula tegangan listrik, kuat arus listrik, dan daya listrik yang dihasilkan. Rangkaian terbaik pada pengujian tegangan listrik adalah rangkaian A2B3 yang menggunakan rangkaian piezoelektrik *double series* dan menghasilkan tegangan listrik sebesar 2,030 AC V. Sedangkan pada pengujian kuat arus listrik dan perhitungan daya, rangkaian *double parallel (A3B3)* merupakan rangkaian terbaik yang mampu menghasilkan kuat arus listrik sebesar 0,261 AC mA dan daya listrik sebesar 0,278 AC mW. Sehingga, rangkaian *double parallel* merupakan rangkaian yang paling tepat digunakan dalam *sound energy harvesting device*.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi yang berpotensi untuk menghasilkan energi listrik mikro adalah getaran suara bising. Suara tersebut biasanya berasal dari energi getaran yang terbuang saat kerja dilakukan oleh suatu sistem khususnya sistem mekanik [1]. Meskipun suara bising dapat menyebabkan kerusakan pendengaran [2], namun terdapat banyak tempat di Indonesia yang berpotensi menghasilkan suara bising seperti bandara dan pabrik industri manufaktur. Tercatat, suara yang dihasilkan oleh bandara dapat mencapai 96,61 dB [3] dan pada pabrik industri, suara yang ditangkap dapat mencapai 100,8 dB [4].

Saat ini belum ada pemanfaatan yang optimal terhadap suara bising. Padahal getaran pada suara bising bisa konversi menjadi energi listrik menggunakan mekanisme elektromagnetik, piezoelektrik atau elektrostatik [5]. Tidak hanya itu, menurut penelitian Ramli suara juga dapat diubah menjadi listrik dengan cara menyalurkan suara yang menghasilkan

getaran ke material atau media konverter tertentu [6], yakni material yang memiliki sensitivitas terhadap getaran.

Salah satu media konverter yang dikembangkan saat ini adalah material piezoelektrik. Menurut Ottman elemen piezoelektrik khususnya Timbal-zirkonat-titanat (PZT) cocok digunakan untuk memanen energi mekanik sekitar dan mengubahnya menjadi listrik yang dapat digunakan [7]. Piezoelektrik adalah suatu bahan yang akan menghasilkan medan listrik bila mendapat tekanan mekanik, sebaliknya apabila medan listrik diterapkan pada bahan piezoelektrik akan terjadi deformasi mekanik [8] yang dapat berfungsi sebagai transduser dan aktuator [9]. Namun, piezoelektrik hanya bisa menghasilkan listrik dalam jumlah yang kecil, sehingga kurang maksimal bila digunakan sebagai penghasil energi. Penelitian Pramono [10], menunjukkan penggunaan rangkaian paralel dapat meningkatkan jumlah voltase. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi rangkaian piezoelektrik dan variasi tingkat kebisingan suara dalam menghasilkan energi listrik pada *sound energy harvesting device*. Rangkaian piezoelektrik terbaik dipilih berdasarkan parameter hasil pengujian tegangan listrik, arus listrik dan perhitungan daya.

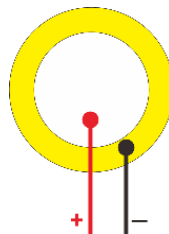
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Terdapat dua variabel bebas yang digunakan yaitu (a) variasi jenis rangkaian piezoelektrik dan (b) variasi tingkat kebisingan suara (dB). Desain penelitian pada **Tabel 1**. menjelaskan 15 sampel penelitian yang diuji berdasarkan dua variabel yang telah ditentukan.

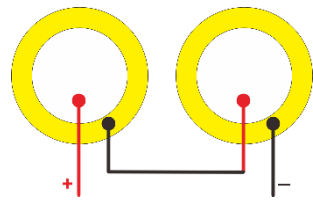
Tabel 1. Desain Sampel Penelitian

Jenis Rangkaian (A)	Tingkat Kebisingan (B)		
	80 dB (B1)	90 dB (B2)	100 dB (B3)
<i>Single</i> (A1)	A1B1	A1B2	A1B3
<i>Double Series</i> (A2)	A2B1	A2B2	A2B3
<i>Double Parallel</i> (A3)	A3B1	A3B2	A3B3
<i>Quad Series</i> (A4)	A4B1	A4B2	A4B3
<i>Quad Parallel</i> (A5)	A5B1	A5B2	A5B3

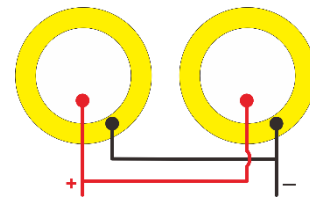
Jenis piezoelektrik yang digunakan adalah PZT keramik bulat berdiameter 35 mm. Piezoelektrik dirangkai sesuai dengan variabel variasi jenis rangkaian yang terdiri dari 5 rangkaian berbeda yang diilustrasikan pada **Gambar 1**. sampai **Gambar 5**. di bawah ini.



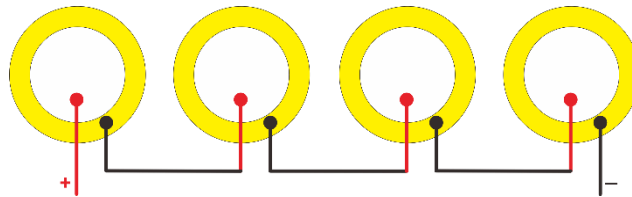
Gambar 1. Rangkaian Piezoelektrik *Single*



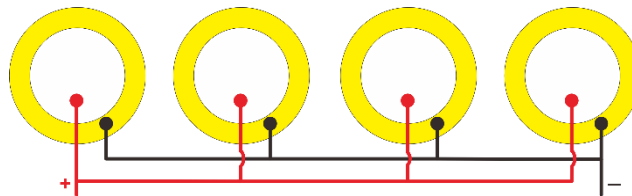
Gambar 2. Rangkaian Piezoelektrik *Double Series*



Gambar 3. Rangkaian Piezoelektrik *Double Parallel*



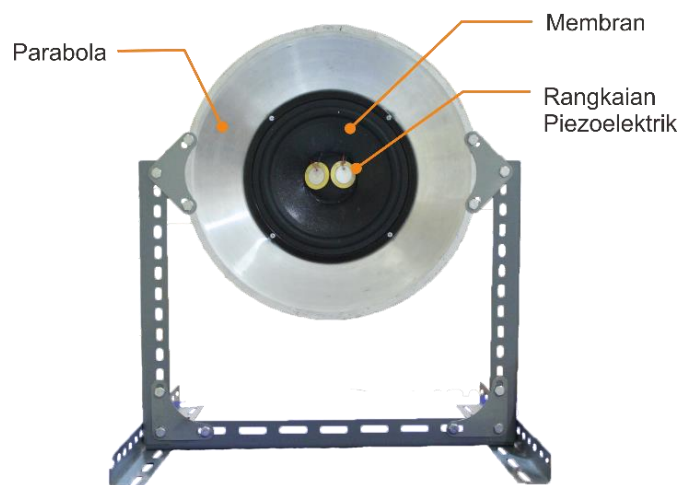
Gambar 4. Rangkaian Piezoelektrik *Quad Series*



Gambar 5. Rangkaian Piezoelektrik *Quad Parallel*

Setiap sampel yang diteliti dilakukan pengujian tegangan listrik (AC V) dan kuat arus listrik (AC mA) sebanyak tiga kali pengulangan. Rata-rata dari hasil kedua pengujian tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung daya yang dihasilkan dari setiap variasi rangkaian piezoelektrik dan variasi tingkat kebisingan suara.

Bagian-bagian *sound energy harvesting device* yang digunakan pada proses pengujian dapat dilihat pada **Gambar 6**. Variasi tingkat kebisingan suara yaitu 80 dB, 90 dB, dan 100 dB digunakan sebagai sumber bunyi dengan memanfaatkan perangkat *speaker*. Tingkat kebisingan suara diatur menggunakan *decibel sound meter* untuk mendapatkan nilai kebisingan suara yang presisi sesuai dengan desain penelitian. Parabola pada *sound energy harvesting device* selanjutnya menangkap getaran suara dari *speaker*, dan getaran direfleksikan menuju membran. Pada permukaan membran, 5 variasi rangkaian piezoelektrik ditempel untuk mengoptimalkan getaran yang diteruskan ke masing-masing piezoelektrik. Tahapan selanjutnya, pengujian tegangan listrik dan kuat arus listrik menggunakan AVO meter pada 15 sampel penelitian. Sedangkan rangkaian terbaik ditentukan berdasarkan perhitungan daya listrik terbesar yang dihasilkan dari seluruh sampel penelitian.



Gambar 6. *Sound Energy Harvesting Device*

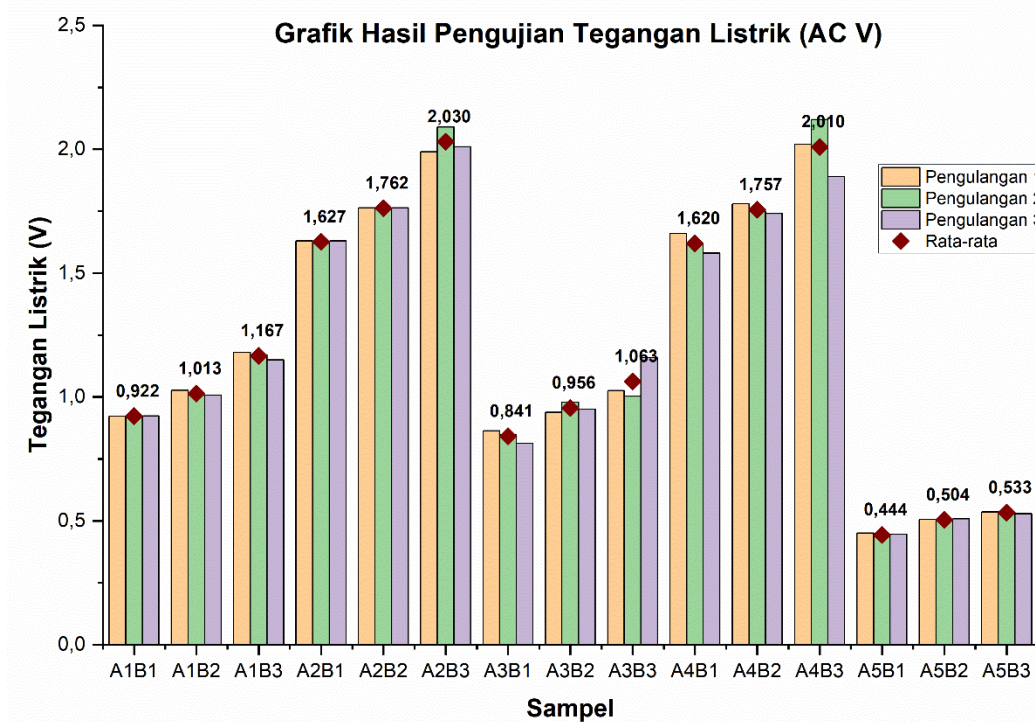
3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pengujian Tegangan Listrik (AC V)

Energi suara yang ditangkap oleh *sound energy harvesting device* menghasilkan tekanan mekanik yang kemudian diteruskan menuju piezoelektrik. Getaran tersebut memicu *direct effect* pada piezoelektrik sebagai transduser, dan getaran yang diterima selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik.

Menurut hasil pengujian yang ditampilkan pada **Gambar 7**, perlakuan dengan menggunakan rangkaian piezoelektrik *double series* (A2B1, A2B2, dan A2B3) mampu menghasilkan tegangan listrik tertinggi pada setiap variabel desibel. Pada 80 dB, tegangan listrik yang dihasilkan sebesar 1,627 AC V, sedangkan 90 dB dan 100 dB tegangan listrik yang dihasilkan masing-masing sebesar 1,762 AC V dan 2,030 AC V. Hasil pada rangkaian-rangkaian tersebut, tidak berbeda jauh dari rangkaian piezoelektrik *quad series* (A4B1, A4B2, dan A4B3).

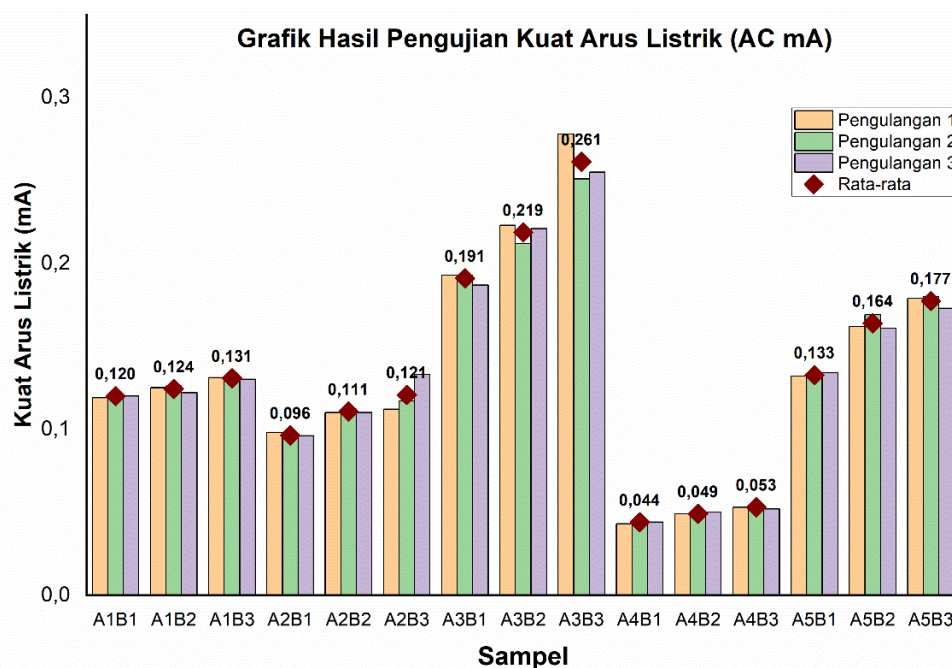
Data pada **Gambar 7**, tersebut juga menunjukkan tren produksi voltase yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya desibel suara pada proses pengujian. Hal ini terjadi karena semakin besar tingkat kebisingan suara semakin besar pula gelombang yang dihasilkan. Gelombang yang diterima oleh piezoelektrik selanjutnya diubah menjadi tekanan mekanik sehingga menghasilkan tegangan listrik [11]. Semakin keras suara yang ditangkap, maka energi yang menekan piezoelektrik turut membesar. Suara tersebut menyebabkan piezoelektrik dapat menghasilkan listrik dengan jumlah lebih besar [12]. Selain itu, penggunaan rangkaian seri juga dapat meningkatkan tegangan listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik karena memiliki hambatan yang lebih kecil, hasil ini sejalan dengan penelitian Zainul [13], yang menyebutkan bahwa penggunaan rangkaian seri dapat meningkatkan produksi voltase. Rangkaian seri biasanya disebut sebagai rangkaian pembagi tegangan, karena arus yang mengalir pada setiap hambatan adalah sama besar dengan tegangan total sehingga sama dengan jumlah total pada setiap tegangan yang ada pada masing-masing hambatan [14].



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Listrik

3.2 Hasil Pengujian Kuat Arus Listrik (AC mA)

Data pengujian kuat arus listrik pada **Gambar 8.** di bawah ini, menunjukkan bahwa perlakuan yang memiliki kuat arus terbesar adalah perlakuan rangkaian *double parallel* (A3B1 sebesar 0,191 mA, A3B2 sebesar 0,219 mA, dan A3B3 sebesar 0,261 mA). Hal ini terjadi karena rangkaian paralel menghasilkan kuat arus lebih besar daripada rangkaian seri [15]. Selain itu juga rangkaian paralel terjadi perbedaan kuat arus yang mengalir pada rangkaian termoelektrik sedangkan tegangannya tetap sama [16]. Selain itu, pada pengujian sampel penelitian, semakin tinggi tingkat kebisingan suara yang diberikan, semakin tinggi pula kuat arus listrik yang dihasilkan. Disisi lain, penambahan jumlah piezoelektrik pada rangkaian paralel tidak selalu menghasilkan kuat arus listrik yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena pada rangkaian *quad parallel* membran harus membagi energi getaran mekanik ke empat piezoelektrik, sedangkan pada rangkaian *double parallel* getaran hanya dibagi untuk dua piezoelektrik.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Kuat Arus Listrik

3.3 Hasil Pengujian Daya Listrik (AC mW)

Penentuan jumlah daya yang dihasilkan oleh *sound energy harvesting* pada penelitian ini dilakukan dengan mengalikan hasil uji tegangan dan kuat arus listrik yang telah diukur menggunakan multimeter pada pengujian sebelumnya. Hasil perhitungan tersebut dijabarkan dalam **Tabel 2.** berikut ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya

No	Sampel	Tegangan Listrik (V)	Kuat Arus Listrik (mA)	Daya (mW)
1.	A1B1	0,922	0,120	0,111
2.	A1B2	1,013	0,124	0,126
3.	A1B3	1,167	0,131	0,152
4.	A2B1	1,627	0,096	0,157
5.	A2B2	1,762	0,111	0,195
6.	A2B3	2,030	0,121	0,245
7.	A3B1	0,841	0,191	0,161
8.	A3B2	0,956	0,219	0,209
9.	A3B3	1,063	0,261	0,278
10.	A4B1	1,620	0,044	0,071
11.	A4B2	1,757	0,049	0,086
12.	A4B3	2,010	0,053	0,107
13.	A5B1	0,444	0,133	0,059
14.	A5B2	0,504	0,164	0,083
15.	A5B3	0,533	0,177	0,094

Menurut hasil perhitungan pada **Tabel 2.** di atas, dapat dilihat bahwa daya terbesar dihasilkan oleh sampel A3B3 (rangkaian *double parallel* pada 100 dB) sebesar 0,278 mW dan diikuti oleh sampel A2B3 (rangkaian *double series* pada 100 dB) sebesar 0,245mW. Merujuk pada tren data

yang diperoleh, jika sampel yang diberi perlakuan desibel lebih tinggi, maka energi getaran mekanis yang menuju piezoelektrik menjadi besar, dan daya listrik yang dihasilkan semakin besar pula.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tegangan listrik, kuat arus listrik, serta perhitungan daya listrik dapat disimpulkan bahwa, semakin tinggi intensitas kebisingan suara (80 dB, 90 dB, dan 100 dB) semakin besar tegangan listrik, kuat arus listrik, dan daya listrik yang dihasilkan. Sedangkan rangkaian terbaik pada pengujian tegangan listrik adalah rangkaian A2B3 yang menggunakan rangkaian piezoelektrik *double series* dengan tegangan listrik sebesar 2,030 AC V. Sedangkan pada pengujian kuat arus listrik dan perhitungan daya, rangkaian *double parallel* (A3B3) menjadi rangkaian terbaik yang mampu menghasilkan kuat arus listrik sebesar 0,261 AC mA dan daya listrik sebesar 0,278 mW. Sehingga, rangkaian *double parallel* menjadi rangkaian yang paling tepat untuk diimplementasikan pada *sound energy harvesting device*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hill, D., Tong, N., "Assessment of Piezoelectric Materials for Routeway Energy Harvesting. DNV KEMA". California: California Energy Commission, 2013
- [2] D. Fink, "A new definition of noise: noise is unwanted and/or harmful sound. Noise is the new 'secondhand smoke'." 178th Meeting of the Acoustical Society of America, 2019, doi: 10.1121/2.0001186.
- [3] A. Sasmita and D. Andrio, "Evaluasi Tingkat Kebisingan di Bandara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru," WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA, vol. 15, no. 1, pp. 30–35, Feb. 2017, doi: 10.36456/waktu.v15i1.441.
- [4] N. Buksh, Y. Nargis, C. Yun, D. He, and M. Ghufuran, "Occupational Noise Exposure and Its Impact on Worker's Health And Activities," International Journal of Public Health and Clinical Sciences, vol. 5, no. 2, pp. 180–195, Apr. 2018, doi: 10.13140/RG.2.2.22880.33280
- [5] S. P. Beeby, R. N. Torah, M. J. Tudor, T. O'Donnell, and S. Roy, "Wireless Sensor System Powered by an Electromagnetic Vibration Energy Harvester," Measurement and Control, vol. 41, no. 4, pp. 109–113, May 2008, doi: 10.1177/002029400804100403.
- [6] I. Ramli and I. Irfan, "Perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Material Piezoelektrik untuk Memanfaatkan Kebisingan di Sepanjang Ruas Pantai Losari menuju Losari sebagai Ruang Publik Hemat Energi," Hasanuddin Student Journal, pp. 66–72, Jun. 2017, Accessed: Jul. 19, 2022. [Online]. Available: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jt/article/view/1443>
- [7] G. K. Ottman, H. F. Hofmann, A. C. Bhatt, and G. A. Lesieutre, "Adaptive piezoelectric energy harvesting circuit for wireless remote power supply," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 17, no. 5, pp. 669–676, Sep. 2002, doi: 10.1109/tpel.2002.802194.
- [8] F. Ebrahimi, Ed., Piezoelectric Materials and Devices - Practice and Applications. InTech, 2013. doi: 10.5772/45936.
- [9] H. S. Kim, J.-H. Kim, and J. Kim, "A review of piezoelectric energy harvesting based on vibration," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, vol. 12, no. 6, pp. 1129–1141, Dec. 2011, doi: 10.1007/s12541-011-0151-3.
- [10] Pramono, S. D., "Pemanfaatan Energi Terbaru Pada Penerangan Jalan Umum Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Dengan Lampu Led Bertenaga Solar Cell," Skripsi. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, 2018
- [11] V. R. Ghatage and Prof. S. G. Kolgiri, "Design And Development of PZT Material as Energy Harvester Which Converts Vibration Energy Into Electrical Energy," International Education and Research Journal (IERJ), vol. 2, no. 1, Jan. 2016.

- [12] Hassan, Haris & Hassan, S.I.s & Abd Rahim, Rosemizi., “Acoustic Energy Harvesting Using Piezoelectric Generator for Low Frequency Sound Waves Energy Conversion” *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*. IJET13 05-06-118. 4702. Desember, 2013
- [13] R. Zainul, “Disain dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor Cahaya pada Panel Sel Surya Al/Cu₂O-Gel Na₂SO₄,” repository.unp.ac.id, Dec. 01, 2015.
- [14] E. Pratiwi, F. S. Rondonuwu, and D. Noviandini, “Desain Masalah Pada Topik Rangkaian Listrik Untuk Metode Pembelajaran Berbasis Masalah”, *Radiasi*, vol. 6, no. 1, pp. 53-63, Apr. 2015.
- [15] M. L. Oktavia, “Pengaruh perbedaan gender terhadap hasil belajar fisika aspek produk dan proses pada siswa kelas IX ‘Honesty’ SMP Joannes Bosco semester ganjil tahun ajaran 2013/2014 pada pokok bahasan hukum ohm dan rangkaian seri-paralel melalui metode inkuiri terbimbing,” repository.usd.ac.id, 2014.
- [16] Rosman, Andi, et al. "Karakteristik Arus dan Tegangan pada Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel dengan Menggunakan Resistor." *d'ComPutarE: Jurnal Ilmiah Information Technology* 9.2 (2020): 40-43.